

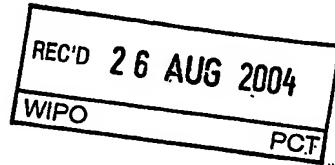
IB04/51452



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03102615.6

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 03102615.6
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 21.08.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property & Standards
GmbH
Steindamm 94
20099 Hamburg
ALLEMAGNE
Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Vorrichtung und Verfahren zur Kombination zweier Abbildungen

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

A61B6/00

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

BESCHREIBUNG

Vorrichtung und Verfahren zur Kombination zweier Abbildungen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Kombination einer aktuellen Abbildung eines Objektes und einer Kartenabbildung des Aufenthaltsbereiches des

5 Objektes.

Die Kombination einer aktuellen Abbildung eines Objektes und einer Kartenabbildung der Objektumgebung wird beispielsweise bei der Navigation eines Katheters durch das Gefäßsystem eines Patienten vorgenommen. Nachfolgend soll daher die zugrundeliegende

10 Problematik am Beispiel einer Herzkatheter-Untersuchung erläutert werden, wobei die vorliegende Erfindung jedoch nicht auf dieses Anwendungsgebiet beschränkt ist. Bei den üblicherweise eingesetzten Systemen für kardiale Eingriffe werden statische Angiogramme und aktuell aufgenommene fluoroskopische Abbildungen auf zwei verschiedenen Monitoren nebeneinander dargestellt. Angiogramme sind dabei Aufnahmen des Gefäßsystems, in
15 welchen die Gefäße z.B. durch Kontrastmittelgabe hervorgehoben dargestellt sind. Es bleibt bei diesen Systemen dem behandelnden Arzt überlassen, die auf der aktuellen Aufnahme erkennbare Position eines Objektes wie beispielsweise eines Katheters oder eines Führungsdrähtes der Kartenabbildung des Gefäßsystems zuzuordnen, das heißt die beiden nebeneinander dargestellten Monitorbilder in Gedanken zu überlagern.

20

Aus der JP-A-2002-237996 ist in diesem Zusammenhang eine Vorrichtung bekannt, bei welcher eine aktuelle fluoroskopische Abbildung und eine statische Gefäßkarte auf demselben Monitor überlagert werden. Problematisch bei derartigen Überlagerungen ist, dass sich aufgrund einer Gesamtbewegung des Patienten sowie des Herzschlags und der Atmung die

25 Lage und Form von Organen in den aktuellen Abbildungen fortlaufend verändern, so dass zum Teil erhebliche geometrische bzw. anatomische Abweichungen zwischen den überlagerten Abbildungen bestehen. Zur Minderung dieses Problems können Datenbanken mit statischen Gefäßkarten aus verschiedenen Phasen des Herz- und/oder Atmungszyklus verwendet werden, um mit Hilfe eines Elektrokardiogramms (EKG) und/oder der gemessenen
30 Atemphase eine aktuelle fluoroskopische Abbildung der hierzu am besten passenden

statischen Gefäßkarte (aus derselben oder einer ähnlichen Herz- bzw. Atmungsphase) zuzuordnen. Auch bei Einsatz solcher fortgeschritten Methoden verbleiben indes geometrische Abweichungen zwischen den überlagerten Abbildungen, die den optischen Eindruck und damit die Brauchbarkeit der Überlagerung erheblich stören können.

5

Vor diesem Hintergrund war es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Mittel zur verbesserten kombinierten Darstellung einer aktuellen Abbildung eines Objektes und einer Kartenabbildung des Aufenthaltsbereiches des Objektes bereitzustellen.

- 10 Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. 12 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient der Kombination (z.B. der kombinierten Darstellung) einer Abbildung eines Objektes und einer Kartenabbildung des (insbesondere formveränderlichen) Aufenthaltsbereiches des Objektes. Die erstgenannte Abbildung wird nachfolgend als "aktuelle Abbildung" bezeichnet, ohne dass hiermit eine Einschränkung in Bezug auf bestimmte Zeitabläufe verbunden sein soll. Auch hinsichtlich der Dimensionalität der aktuellen Abbildung und der Kartenabbildung (1D, 2D, 3D, 4D, ...) bestehen 15 keine grundlegenden Einschränkungen. Das Objekt kann allgemein im Sinne eines "Motivs" jeder darzustellende Gegenstand oder Bereich sein. Beispielsweise kann das "Objekt" eine interessierende anatomische Struktur (Organ, Knochen, Tumor etc.), ein funktionell definerter Bereich (z.B. ein Gebiet mit bestimmter Aktivität des Stoffwechsels oder der Blutgefäßbildung), eine Katheterspitze bzw. ein Führungsdraht im Gefäßsystem eines 20 Patienten, oder eine im Magen-Darm-Trakt befindliche Kapsel sein. Die letztgenannten Beispiele betreffen dabei eine besonders wichtige Situation, bei der sich das Objekt in einem Wegenetz befindet und sich nur entlang der hierdurch vorgegebenen Bahnen bewegen kann. Die Kartenabbildung stellt in diesen Fällen vorzugsweise das Wegenetz hervorgehoben dar. Beispielsweise kann es sich bei der Kartenabbildung um ein Angiogramm 25 handeln, welches vom Gefäßsystem eines Patienten unter Kontrastmittelgabe angefertigt worden ist. Der Begriff der "Kartenabbildung" ist im Übrigen jedoch ganz allgemein zu verstehen als jede Ansammlung von Informationen, die Orten im Aufenthaltsbereich des 30

Objektes zugeordnet sind bzw. zugeordnet werden können. Mathematisch lässt sich eine Kartenabbildung typischerweise allgemein durch eine ein- oder mehrwertige Funktion über einem ein- oder höherdimensionalen Definitionsbereich beschreiben.

- 5 Die Vorrichtung enthält eine Datenverarbeitungseinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, die folgenden Schritte auszuführen:
- a) Die Lage des interessierenden Objektes in Bezug auf die Kartenabbildung abzuschätzen. Das heißt, dass in der aktuellen Abbildung die Position des Objektes festgestellt und die hierzu korrespondierende Position in der Kartenabbildung geschätzt wird. Wäre die Lage und Form des Aufenthaltsbereiches des Objektes auf der aktuellen Abbildung und der Kartenabbildung gleich, so könnte die korrespondierende Position exakt ermittelt werden. Im Realfall verändert der Aufenthaltsbereich seine Form und Lage jedoch in unbekannter Weise, so dass die korrespondierende Position geschätzt werden muss. Dabei kann es gegebenenfalls korrigierend berücksichtigt werden, dass sich das Objekt zwangsläufig in einem Wegenetz befinden muss, wenn bei der zugrundeliegenden Anwendung diese Bedingung zu trifft.
- 10 b) Die Kartenabbildung wird mit der aktuellen Abbildung in der Weise kombiniert, dass die geschätzte Lage des Objektes in der Kartenabbildung mit der tatsächlichen Lage des Objektes in der aktuellen Abbildung zur Deckung kommt, wobei zur Kombination nur ein Ausschnitt der Kartenabbildung und/oder ein Ausschnitt der aktuellen Abbildung verwendet wird. Die "Kombination" der Kartenabbildung und der aktuellen Abbildung kann insbesondere eine additive Überlagerung der Abbildungen, aber auch eine Subtraktion, eine Konturhervorhebung oder jede andere Operation zur Verknüpfung der Bildinhalte beinhalten.
- 15 Nachfolgend wird stellvertretend der Fall zugrunde gelegt, dass von der Kartenabbildung nur ein Ausschnitt verwendet wird (wobei die jeweiligen Ausführungen jedoch entsprechend auch für die Verwendung eines Ausschnittes der aktuellen Abbildung gelten). In der Regel wird dann bei der Kombination die gesamte aktuelle Abbildung verwendet. Es ist jedoch auch die Beschränkung auf einen Teil-
- 20 c) Die Kartenabbildung wird mit der aktuellen Abbildung in der Weise kombiniert, dass die geschätzte Lage des Objektes in der Kartenabbildung mit der tatsächlichen Lage des Objektes in der aktuellen Abbildung zur Deckung kommt, wobei zur Kombination nur ein Ausschnitt der Kartenabbildung und/oder ein Ausschnitt der aktuellen Abbildung verwendet wird. Die "Kombination" der Kartenabbildung und der aktuellen Abbildung kann insbesondere eine additive Überlagerung der Abbildungen, aber auch eine Subtraktion, eine Konturhervorhebung oder jede andere Operation zur Verknüpfung der Bildinhalte beinhalten.
- 25 Nachfolgend wird stellvertretend der Fall zugrunde gelegt, dass von der Kartenabbildung nur ein Ausschnitt verwendet wird (wobei die jeweiligen Ausführungen jedoch entsprechend auch für die Verwendung eines Ausschnittes der aktuellen Abbildung gelten). In der Regel wird dann bei der Kombination die gesamte aktuelle Abbildung verwendet. Es ist jedoch auch die Beschränkung auf einen Teil-
- 30 d) Die Kartenabbildung wird mit der aktuellen Abbildung in der Weise kombiniert, dass die geschätzte Lage des Objektes in der Kartenabbildung mit der tatsächlichen Lage des Objektes in der aktuellen Abbildung zur Deckung kommt, wobei zur Kombination nur ein Ausschnitt der Kartenabbildung und/oder ein Ausschnitt der aktuellen Abbildung verwendet wird. Die "Kombination" der Kartenabbildung und der aktuellen Abbildung kann insbesondere eine additive Überlagerung der Abbildungen, aber auch eine Subtraktion, eine Konturhervorhebung oder jede andere Operation zur Verknüpfung der Bildinhalte beinhalten.

bereich der aktuellen Abbildung möglich, wobei in diesem Falle vorzugsweise die Größen von Ausschnitt der Kartenabbildung und Teilbereich übereinstimmen.

- Mit der beschriebenen Vorrichtung ist es möglich, eine "aktuelle" Abbildung eines Objektes mit einer statischen Kartenabbildung von dessen Aufenthaltsbereich zu kombinieren, ohne dass störende globale Abweichungen zwischen beiden Abbildungen entstehen. Dies wird dadurch erreicht, dass von der Kartenabbildung (oder der aktuellen Abbildung) nur ein Ausschnitt um das interessierende Objekt herum zur Kombination verwendet wird. Ein solcher - verhältnismäßig kleiner - Ausschnitt kann mit großer Genauigkeit geometrisch korrekt der aktuellen Lage des Objektes zugeordnet werden, da bei der Bildregistrierung die Übereinstimmung zwischen aktueller Abbildung und Kartenabbildung nicht an einem globalen (Mittel-)Maß ausgerichtet werden muss. Mit der Vorrichtung ist daher insbesondere auch eine zufriedenstellende, geometrisch korrekte Überlagerung bei Wege netzen wie beispielsweise dem Gefäßsystem eines Patienten möglich, die eine inhärente Verformbarkeit aufweisen, welche sich nur schwer bzw. mit nur unzureichender Genauigkeit durch mathematische Transformationen beschreiben lässt. Die Beschränkung der Kombination auf einen lokalen Ausschnitt kann unabhängig vom konkret eingesetzten Verfahren der Bildregistrierung (starr, nicht-starr, unimodal, multimodal etc.) mit Vorteil eingesetzt werden und ermöglicht in vielen Fällen die Verwendung von neuen oder bekannten Algorithmen, welche für eine globale Registrierung nicht geeignet wären. Ein weiterer Vorteil der Beschränkung liegt darin, dass die Bildregistrierung in der Regel deutlich weniger aufwändig in Bezug auf ihren Zeit- und Speicherbedarf ist.

- Die Kartenabbildung kann bei einer optionalen Ausgestaltung der Erfindung Zusatzinformationen über Strukturen und/oder Funktionen des Aufenthaltsbereichs des Objektes enthalten. Beispielsweise kann sie die (vermutete) Lage von Organen, die Intensität der Blutgefäßbildung und/oder die Stoffwechselaktivität im Aufenthaltsbereich der Objektes wiedergeben. Diesbezüglich existiert eine nahezu unbegrenzte Anzahl von Anwendungen, bei denen die "multimodale" Registrierung von Informationen aus verschiedenen Quellen erwünscht und für den Nutzer hilfreich ist. Stellvertretend hierfür sei die Kombination von CT Aufnahmen von einem Teil des Skeletts mit NMR (Magnetresonanz) Aufnahmen des Gewebes im zugehörigen Bereich der Knochen und der Gelenke erwähnt. Gemäß dem

vorgeschlagenen Verfahren kann hierbei ein Ausschnitt einer NMR Abbildung mit einer CT Abbildung lokal registriert werden oder umgekehrt ein Ausschnitt einer CT Abbildung mit einer NMR Abbildung. Das für die Registrierung zugrundegelegte Objekt kann in diesem Falle z.B. eine Schwellung des Gewebes sein, welche einerseits ein typischer Hinweis auf einen Knochenbruch ist, sich andererseits jedoch auf Röntgenbildern nicht darstellt. Bei solchen Knochenbrüchen, die sich nur schwer auf einer Röntgenaufnahme erkennen lassen, kann dann mit dem vorgeschlagenen Verfahren der Ort der Schwellung, der auf der NMR Abbildung erkennbar ist, auf der Röntgenaufnahme lokalisiert werden und dort die Region anzeigen, die mit größter Aufmerksamkeit auf einen Knochenbruch hin zu untersuchen ist.

Die Vorrichtung kann insbesondere einen mit der Datenverarbeitungseinrichtung gekoppelten Monitor enthalten, auf welchem die Kombination der aktuellen Abbildung und der Kartenabbildung (bzw. der entsprechenden Ausschnitte) dargestellt wird. Im Rahmen einer Katheteruntersuchung kann dann zum Beispiel ein Arzt auf dem Monitor fluoroskopische Lifebilder des Katheters beobachten, in denen ihm gleichzeitig die Gefäßstruktur um den Katheter herum als Ausschnitt einer Gefäßkarte angezeigt wird.

Gemäß einer Weiterbildung der Vorrichtung enthält diese einen Speicher zur Speicherung einer Anzahl von Kartenabbildungen, wobei die Kartenabbildungen gemäß einem variierenden Zustand des Aufenthaltsbereiches des Objektes klassifiziert sind. In diesem Falle ist es möglich, unter den mehreren Kartenabbildungen für die vorzunehmende Kombination eine optimale Kartenabbildung auszuwählen.

Die Vorrichtung enthält ferner vorzugsweise eine Sensoreinrichtung zur Erfassung mindestens eines Parameters, welcher einen variierenden Zustand des Aufenthaltsbereiches des Objektes beschreibt. Insbesondere kann die Sensoreinrichtung dazu eingerichtet sein, ein Elektrokardiogramm und/oder den Atmungszyklus eines untersuchten Patienten zu erfassen. Eine solche Sensoreinrichtung kann in Verbindung mit dem vorstehend erwähnten Speicher für eine Anzahl von Kartenabbildungen eingesetzt werden, um einerseits die Klassifikation der gespeicherten Kartenabbildungen nach dem zugehörigen Zustand des Wege-

netzes vorzunehmen und um andererseits den zur aktuellen Abbildung gehörenden Zustand des Aufenthaltsbereiches zu ermitteln.

In Verbindung mit der oben genannten, einen Speicher enthaltenden Ausführungsform der
5 Vorrichtung kann die Datenverarbeitungseinrichtung weiterhin dazu eingerichtet sein, aus dem Speicher der Vorrichtung diejenige Kartenabbildung auszuwählen, deren "Index" bzw. zugehöriger Zustand des Aufenthaltsbereiches des Objektes bestmöglich zum Zustand des genannten Aufenthaltsbereiches passt, welcher während der Aufnahme der aktuellen Abbildung vorlag. Wenn zum Beispiel der Speicher mehrere Kartenabbildungen des Gefäßsystems eines Patienten zu verschiedenen Phasen des Herzzyklus enthält, kann hieraus diejenige ausgewählt werden, die aus derselben Phase des Herzzyklus wie die aktuelle Abbildung stammt. Auf diese Weise ist es möglich, parametrisierbare und insbesondere zyklische Eigenbewegungen des Wegenetzes zu berücksichtigen und die aktuelle Abbildung von vornherein nur mit einer möglichst gut passenden Kartenabbildung zu kombinieren.

15 Für die Abschätzung der korrespondierenden Lage des Objektes in einer Kartenabbildung im Rahmen einer Bildregistrierung von aktueller Abbildung und Kartenabbildung gibt es verschiedene Realisierungsmöglichkeiten. Insbesondere kann bei Vorliegen einer räumlich begrenzten Struktur wie beispielsweise eines Organs oder eines Wegenetzes die Daten-
20 verarbeitungseinrichtung dazu eingerichtet sein, in einer Kartenabbildung jedem Bildpunkt eine Wahrscheinlichkeit dafür zuzuordnen, dass er zu der Struktur (z.B. zum Wegenetz) gehört. In vielen Anwendungsfällen ist nämlich keine sichere Unterscheidung möglich zwischen Abbildungspunkten, die zu einer Struktur gehören, und solchen, die nicht dazu gehören. Eine wahrscheinlichkeitsbasierte Segmentierung erlaubt es in solchen Fällen, bei
25 der Verwendung der Kartenabbildung zumindest eine möglichst hohe Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit des Ergebnisses anzustreben und die Verlässlichkeit des Ergebnisses zu quantifizieren.

Des Weiteren kann die Datenverarbeitungseinrichtung dazu eingerichtet sein, aus der
30 Kartenabbildung durch eine Distanztransformation eine Distanzabbildung zu erzeugen. Eine Distanztransformation ist eine aus der digitalen Bildverarbeitung bekannte Operation (vgl. Jähne, Digitale Bildverarbeitung, 5. Auflage, Kap. 18, Springer Verlag Berlin Heidel-

- berg, 2002). Ein Bildpunkt der Distanzabbildung kann dabei insbesondere eine Information darüber enthalten, in welche Richtung und/oder in welcher Entfernung von diesem Punkt aus gesehen eine höhere Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines bestimmten Segmentierungsobjektes besteht. Die Distanzabbildung eignet sich daher gut dazu, die Lage 5 eines Objektes relativ zur Kartenabbildung abzuschätzen. Beispielsweise kann eine grob geschätzte Ausgangslage eines Katheters auf der Kartenabbildung mit Hilfe der Distanzinformation in eine Lage des Katheters überführt werden, die mit höherer Wahrscheinlichkeit im Gefäßsystem (Wegenetz) liegt. Vorteilhafterweise lassen sich Distanzabbildungen vorab aus den vorhandenen Kartenabbildungen berechnen, so dass sie während 10 der Verarbeitung einer aktuellen Abbildung fertig zur Verfügung stehen. Dies ermöglicht eine fehlertolerante Lageabschätzung des Objektes in Echtzeit. Die Überlagerung von Kartenabbildung und aktueller Abbildung kann daher so schnell und so genau ausgeführt werden, dass sie eine reale Unterstützung für die Auge-Hand-Koordination des Arztes darstellt.
- 15 Der Ausschnitt, welcher von der aktuellen Abbildung und/oder der Kartenabbildung verwendet wird, kann je nach Anwendungsfall verschieden groß und verschieden geformt sein. Insbesondere kann er eine rechteckige oder ovale Form haben. Typischerweise beträgt die Größe (Fläche, Volumen, ...) des Ausschnittes ca. 5% bis 50%, vorzugsweise ca. 10% bis 20 30% der Größe der Kartenabbildung bzw. aktuellen Abbildung. Gemäß einer optionalen Ausgestaltung der Vorrichtung enthält der Ausschnitt nur die separate Darstellung einer räumlich begrenzten Struktur wie beispielsweise eines Wegenetzes. Alle Punkte, die nicht auf der Struktur liegen, sind dann im Ausschnitt transparent. Auf diese Weise bringt der Ausschnitt nur die genannte Struktur um das interessierende Objekt herum zur Geltung, 25 ohne andere Bildinformation der aktuellen Abbildung zu verdecken.

Die Vorrichtung kann insbesondere eine bildgebende Einrichtung wie beispielsweise eine Röntgenapparatur und/oder ein NMR-Gerät enthalten, mit welcher die aktuelle Abbildung des Objektes erzeugt werden kann. Weiterhin kann die bildgebende Einrichtung dazu 30 dienen, auch die Kartenabbildungen des Aufenthaltsbereiches des Objektes zu erzeugen. Eine derartige Vorrichtung eignet sich insbesondere zur Navigation eines Katheters bei medizinischen Eingriffen. Die Vorrichtung kann insbesondere mehr als eine bildgebende

Einrichtung enthalten, z.B. eine Röntgenapparatur und ein NMR Gerät, so dass aktuelle die Aufnahme und die Kartenabbildung(en) von verschiedenen Modalitäten stammen können.

5 Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung und ein Verfahren zur kombinierten Darstellung von einer aktuellen Abbildung eines Objektes, das sich in einem Wegenetz befindet, und einer Kartenabbildung des Wegenetzes. Die Vorrichtung enthält eine Datenverarbeitungseinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, das genannte Verfahren auszuführen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

10

- a) in der Kartenabbildung jedem Bildpunkt eine Wahrscheinlichkeit dafür, dass er zum Wegenetz gehört, zuzuordnen;
- b) aus der Kartenabbildung durch eine Distanztransformation eine Distanzabbildung zu erzeugen;

15

- c) mit Hilfe der Distanzabbildung die Lage des Objektes in Bezug auf die Kartenabbildung des Wegenetzes abzuschätzen, und

20

- d) die Kartenabbildung ganz oder teilweise so der aktuellen Abbildung oder einem Ausschnitt hiervon zu überlagern, dass die geschätzte Lage des Objektes in der Kartenabbildung mit der tatsächlichen Lage des Objektes in der aktuellen Abbildung zur Deckung gebracht wird.

- 25 Wenn in Schritt d) nur ein Ausschnitt der Kartenabbildung und/oder der aktuellen Abbildung verwendet wird, entspricht die Vorrichtung einer Variante der oben definierten Vorrichtung gemäß Anspruch 1. Für eine detailliertere Erläuterung kann daher weitgehend auf die obige Beschreibung verwiesen werden. Gemäß einem unabhängigen Aspekt der Erfindung umfasst die vorstehend definierte Vorrichtung jedoch auch den Fall, dass ein anderer Ausschnitt der Kartenabbildung oder die gesamte Kartenabbildung der aktuellen Abbildung überlagert wird. Der Vorteil der Vorrichtung liegt diesbezüglich darin, mit einer wahrscheinlichkeitsbasierten Segmentierung und einer Distanzabbildung eine fehlertole-
- 30

rante Überlagerung in Echtzeit zu ermöglichen, was den Nutzen der Überlagerung z.B. im Rahmen einer Monitordarstellung signifikant erhöht.

- 5 Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zur Kombination einer aktuellen Abbildung eines Objektes und einer Kartenabbildung des Aufenthaltsbereiches des Objektes. Das Verfahren enthält dabei die folgenden Schritte:
- 10 a) Abschätzung der Lage des Objektes in Bezug auf die Kartenabbildung.
- b) Kombination der Kartenabbildung um die geschätzte Lage des Objektes herum mit der aktuellen Abbildung, wobei die geschätzte Lage des Objektes in der Kartenabbildung mit der tatsächlichen Lage des Objektes in der aktuellen Abbildung zur Deckung gebracht wird, und wobei von der Kartenabbildung und/oder von der
15 aktuellen Abbildung nur ein Ausschnitt verwendet wird.

Das Verfahren implementiert in allgemeiner Form die mit einer Vorrichtung der oben erläuterten Art ausführbaren Schritte. Bezüglich der Begriffsdefinitionen, Vorteile und Weiterbildungen des Verfahrens wird daher auf die obige Beschreibung der Vorrichtung
20 Bezug genommen.

Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der beigefügten Figur beispielhaft erläutert. Die einzige Figur zeigt schematisch die Komponenten einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur überlagerten Darstellung zweier Abbildungen.
25

Bei der in der Figur als stellvertretendes Beispiel dargestellten medizinischen Anwendung geht es darum, die Bewegung eines Katheters 2 bzw. genauer gesagt der Katheterspitze und/oder eines Führungsdrähtes 8 im Gefäßsystem 9 eines Patienten 1 zu beobachten. Zu diesem Zweck werden mit einer Röntgenapparatur 4 fluoroskopische Röntgenaufnahmen
30 des untersuchten Körpervolumens erzeugt, welche als aktuelle Abbildungen A an eine Datenverarbeitungseinrichtung 5 übermittelt werden. Problematisch an solchen fluoroskopischen Aufnahmen ist, dass sich das Gefäßsystem 9 hierauf nur schwach abzeichnet, so dass

eine sichere Navigation des Katheters bzw. eines Führungsdrähtes zu einem bestimmten Ort innerhalb des Gefäßsystems hiermit kaum möglich ist. Eine bessere Darstellung des Gefäßsystems könnte zwar durch die Injektion eines Kontrastmittels erreicht werden. Aufgrund der damit verbundenen Belastung für den Patienten müssen solche Maßnahmen

5 jedoch möglichst sparsam eingesetzt werden.

Zur Verbesserung der Katheternavigation werden bei dem dargestellten System vor oder während der eigentlichen Katheteruntersuchung mit der Röntgenvorrichtung 4 mehrere Angiogramme B angefertigt und in einem Speicher 6 der Datenverarbeitungseinrichtung 5 gespeichert. Die Angiogramme können z.B. durch Kontrastmittelinfusionen so erzeugt werden, dass auf ihnen der Gefäßbaum des Patienten gut zu sehen ist. Sie werden daher im Folgenden auch als "Kartenabbildungen" oder "Gefäßkarten" (roadmaps) bezeichnet.

Da der Herzschlag erhebliche Auswirkungen auf die Lage und Form des Gefäßsystems des Herzens und der angrenzenden Organe hat, sind im Speicher Kartenabbildungen B aus verschiedenen Phasen des Herzzyklus des Patienten 1 hinterlegt. Die zu einer jeweiligen Kartenabbildung B gehörige Herzphase wird dabei durch ein Elektrokardiogramm indiziert, welches von einem Elektrokardiografen 3 parallel zu den Röntgenbildern aufgezeichnet wird. Des Weiteren können Kartenabbildungen auch zu verschiedenen Phasen des Atmungszyklus angefertigt werden, welcher durch einen Atmungssensor wie beispielsweise einen Brustgurt oder dergleichen erfasst wird. Eine solche zusätzliche oder alternative Indizierung der Kartenabbildungen B über den Atmungszyklus ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Figur nicht eigens dargestellt.

20

25 Während der zu therapeutischen oder diagnostischen Zwecken durchgeföhrten Katheteruntersuchung werden fortlaufend fluoroskopische Aufnahmen A von der Katheterspitze bzw. einem Führungsdrähten 8 erzeugt und zusammen mit dem zugehörigen EKG an die Datenverarbeitungseinrichtung 5 geleitet. Die zu einer aktuellen Aufnahme A gehörige Phase des Elektrokardiogramms bzw. des Herzzyklus wird dann von der Datenverarbeitungseinrichtung 5 ermittelt, und aus dem Speicher 6 wird die bestmöglich zu dieser Herzphase passende Kartenabbildung B ausgewählt.

30

Die aktuelle Abbildung A und die Kartenabbildung B können im Prinzip nebeneinander auf zwei verschiedenen Monitoren oder einander überlagert auf demselben Monitor dargestellt werden. Da die Kartenabbildung B zur passenden Herzphase ausgewählt wurde, bestünde dabei bereits eine vergleichsweise gute geometrische bzw. anatomische Übereinstimmung zwischen den so überlagerten Abbildungen A, B. Dennoch zeigen sich in der Praxis durch Parallaxen bei der Abbildungserzeugung, durch die Bewegung von Weichteilen und durch ähnliche Einflüsse stets geringfügige Abweichungen zwischen den überlagerten Gesamtabbildungen, welche durch globale Transformationen nicht behoben werden können. Diese Abweichungen können optisch sehr störend sein und den Nutzen der Überlagerung erheblich mindern.

Zur Vermeidung der vorstehend beschriebenen Probleme bei der kompletten Überlagerung einer aktuellen Abbildung A und einer Kartenabbildung B wird vorgeschlagen, in der kombinierten Darstellung C nur einen mehr oder weniger kleinen Ausschnitt 7 der Kartenabbildung B zur Überlagerung zu verwenden, welcher gerade den interessierenden Bereich um die Katheterspitze bzw. den Führungsdraht 8 abdeckt. Typischerweise beträgt die Fläche des Ausschnittes 7 ca. 25% der Fläche der Kartenabbildung B. In einem solchen begrenzten Bereich kann die Positionierung bzw. Registrierung des Ausschnittes 7 mit höherer Genauigkeit durchgeführt werden als bei einer globalen Registrierung zweier Abbildungen A, B. Darüber hinaus entfallen sämtliche störende Abweichungen zwischen den beiden überlagerten Abbildungen außerhalb des Bereiches 7. In der überlagerten Darstellung C bleibt daher die aktuelle Abbildung A größtenteils unverändert, während im Überdeckungsbereich 7 auch kleinere Verschiebungen, die zum Beispiel durch Parallaxen oder Patientenbewegungen erzeugt werden, mit guter Genauigkeit kompensiert werden.

Die vorstehenden und nachfolgenden Ausführungen gelten natürlich analog auch bei einer äquivalenten Ausführungsform des Verfahrens, bei der ein Ausschnitt der aktuellen Abbildung A einer Kartenabbildung B (oder einem Teil hiervon) überlagert wird.

Bei einem bevorzugten Algorithmus zur Überlagerung eines Ausschnittes 7 der Kartenabbildung B mit einer aktuellen Abbildung A wird in den Kartenabbildungen B der Gefäßbaum grob vorsegmentiert. Unter Segmentierung wird in der Bildverarbeitung die Zu-

ordnung von Bildpunkten zu Objekten verstanden. Da bei realen Röntgenaufnahmen des Gefäßsystems in der Regel keine sichere Zuordnung eines Bildpunktes (Pixels) zu einem Gefäß möglich ist, erfolgt hier vorzugsweise eine wahrscheinlichkeitsbasierte Segmentierung. Dabei wird jedem Bildpunkt ein Wert zugeordnet, der die Wahrscheinlichkeit dafür beschreibt, dass der Bildpunkt zu einem Gefäß gehört. Des Weiteren wird zu jeder solchen Kartenabbildung mit Hilfe einer Distanztransformation eine Distanzabbildung D erzeugt. Der Wert eines Bildpunktes der Distanzabbildung zeigt an, in welcher Richtung bzw. Entfernung vom betrachteten Punkt aus gesehen eine größere Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines Gefäßes besteht. Die wahrscheinlichkeitsbasierte Kartenabbildung B kann beispielsweise durch ein Höhenrelief über einer Bildfläche visualisiert werden, wobei die höchsten Punkte des Reliefs die höchste Wahrscheinlichkeit haben, zum Gefäßsystem zu gehören. Die zugehörige Distanzabbildung kann dann als Gradientenfeld des Reliefs definiert werden, wobei jeder Gradientenvektor in Richtung des direktesten Weges zu einem Gefäß weist. Die Berechnung der wahrscheinlichkeitsbasierten Kartenabbildungen B und der zugehörigen Distanzabbildungen D kann vorteilhafterweise offline bzw. vorab erfolgen, wobei die Ergebnisse im Speicher 6 festgehalten werden. Während des medizinischen Eingriffes belasten diese Berechnungen die Durchführung des Verfahrens somit nicht.

Nach Auswahl der am besten zur aktuellen Abbildung A passenden Kartenabbildung B aus dem Speicher 6 wird die zu dieser Kartenabbildung B gehörende Distanzabbildung D verwendet, um die Lage des interessierenden Objektes (Katheter oder Führungsdrähten) auf der Kartenabbildung B abzuschätzen. Dazu wird zunächst das (röntgendichte) Objekt in der aktuellen Abbildung A segmentiert. Die Kartenabbildung B wird dann mit dem segmentierten Objekt unter Verwendung der Distanzen aller Objektpixel aus der Distanzabbildung D registriert. Dabei wird nur eine starre Verlagerung (Verschiebung und/oder Rotation) des segmentierten Objektes relativ zur Kartenabbildung B zugelassen.

Als Ergebnis der beschriebenen Registrierung ist die bestmöglich abgeschätzte Position des Katheters bzw. des Führungsdrähtes 8 relativ zur Kartenabbildung B bekannt. Mit dieser Information kann dann je nach Anwendung ein Ausschnitt 7 aus der Kartenabbildung B um die abgeschätzte Position des Objektes herum festgelegt werden. Dieser Ausschnitt 7 wird schließlich auf einem Monitor 10 in einer Kombinationsabbildung C der aktuellen

Abbildung A überlagert, wobei die im Ausschnitt 7 geschätzte Lage des Objektes mit der tatsächlichen Lage des Objektes (z.B. des Führungsdrahtes 8) auf der aktuellen Abbildung A zur Deckung gebracht wird. Die geometrische Abweichung zwischen den überlagerten Strukturen ist in der Kombinationsabbildung C äußerst gering.

5

- Die Form des Ausschnittes 7 kann prinzipiell beliebig gewählt werden. Neben der in der Figur dargestellten elliptischen Form könnte auch eine Rechteckform oder jede beliebige andere Form gewählt werden. Des Weiteren könnte der Ausschnitt 7 lediglich das Gefäß selbst enthalten und im Übrigen transparent sein. Ferner wird innerhalb des Bereiches 7 vorzugsweise eine digitale Kontrastverstärkung durchgeführt, um die Erkennbarkeit des Führungsdrahtes 8 zu verbessern.
- 10

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Kombination von einer aktuellen Abbildung (A) eines Objektes (8) und einer Kartenabbildung (B) des Aufenthaltsbereiches (9) des Objektes, enthaltend eine Datenverarbeitungseinrichtung (5), welche dazu eingerichtet ist,
 - 5 a) die Lage des Objektes (8) in Bezug auf die Kartenabbildung (B) abzuschätzen, und
 - b) die Kartenabbildung (B) um die geschätzte Lage des Objektes (8) herum mit der aktuellen Abbildung (A) zu kombinieren, wobei die geschätzte Lage des Objektes in der Kartenabbildung (B) mit der tatsächlichen Lage des Objektes in der aktuellen
 - 10 Abbildung (A) zur Deckung gebracht wird, und wobei von der Kartenabbil-
dung (B) und/oder von der aktuellen Abbildung (A) nur ein Ausschnitt (7) ver-
wendet wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
15 dadurch gekennzeichnet,
 dass sich das Objekt (8) in einem Wegenetz (9) befindet und die Kartenabbildung (B) das
 Wegenetz (9) zumindest teilweise wiedergibt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1,
20 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Kartenabbildung Zusatzinformationen über Strukturen und/oder Funktionen des
 Aufenthaltsbereichs des Objektes enthält.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1,
25 dadurch gekennzeichnet,

dass sie einen Monitor (10) zur Darstellung der Kombination der aktuellen Abbildung (A) und des Ausschnittes (7) der Kartenabbildung (B) enthält.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1,
5 dadurch gekennzeichnet,
dass sie einen Speicher (6) zur Speicherung einer Anzahl von Kartenabbildungen (B) aufweist, welche gemäß einem variierenden Zustand des Aufenthaltsbereiches des Objektes (8) klassifiziert sind.

- 10 6. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass sie eine Sensoreinrichtung (3) zur Erfassung mindestens eines Parameters aufweist, welcher einen variierenden Zustand des Aufenthaltsbereiches des Objektes (8) beschreibt, vorzugsweise zur Erfassung eines Elektrokardiogramms und/oder des Atmungszyklus.

- 15 7. Vorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Datenverarbeitungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist, aus dem Speicher (6) eine Kartenabbildung (B) auszuwählen, deren zugehöriger Zustand des Aufenthaltsbereiches des Objektes (8) bestmöglich zum Zustand des Aufenthaltsbereiches während der aktuellen Abbildung (A) passt.

- 20 8. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
25 dass die Datenverarbeitungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist, in der Kartenabbildung (B) jedem Bildpunkt eine Wahrscheinlichkeit dafür zuzuordnen, dass er zu einer räumlich begrenzten Struktur wie beispielsweise einem Wegenetz (9) gehört.

- 30 9. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Datenverarbeitungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist, aus der Kartenabbildung (B) durch eine Distanztransformation eine Distanzabbildung (D) zu erzeugen.

- 5 10. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Ausschnitt (7) nicht zu einer räumlich begrenzten Struktur wie beispielsweise einem Wegenetz (9) gehörende Punkte transparent sind.
- 10 11. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass sie eine bildgebende Einrichtung, insbesondere eine Röntgenapparatur (4) und/oder ein NMR-Gerät, zur Aufnahme der aktuellen Abbildung (A) und gegebenenfalls der Kartenabbildung (B) aufweist.
- 15 12. Vorrichtung zur kombinierten Darstellung von einer aktuellen Abbildung (A) eines Objektes (8), das sich in einem Wegenetz (9) befindet, und einer Kartenabbildung (B) des Wegenetzes (9), enthaltend eine Datenverarbeitungseinrichtung (5), welche dazu eingerichtet ist,
- 20 a) in der Kartenabbildung (B) jedem Bildpunkt eine Wahrscheinlichkeit dafür, dass er zum Wegenetz (9) gehört, zuzuordnen;
- 25 b) aus der Kartenabbildung (B) durch eine Distanztransformation eine Distanzabbildung (D) zu erzeugen;
- c) mit Hilfe der Distanzabbildung (D) die Lage des Objektes (8) in Bezug auf die Kartenabbildung (B) des Wegenetzes (9) abzuschätzen, und

- d) die Kartenabbildung (B) ganz oder ausschnittsweise so der aktuellen Abbildung (A) oder einem Ausschnitt hiervon zu überlagern, dass die geschätzte Lage des Objektes in der Kartenabbildung (B) mit der tatsächlichen Lage des Objektes in der aktuellen Abbildung (A) zur Deckung gebracht wird.

5

13. Verfahren zur Kombination von einer aktuellen Abbildung (A) eines Objektes (8) und einer Kartenabbildung (B) des Aufenthaltsbereiches des Objektes, enthaltend die folgenden Schritte:

- 10 a) Abschätzung der Lage des Objektes (8) in Bezug auf die Kartenabbildung (B);
 b) Kombination der Kartenabbildung (B) um die geschätzte Lage des Objektes herum mit der aktuellen Abbildung (A), wobei die geschätzte Lage des Objektes in der Kartenabbildung (B) mit der tatsächlichen Lage des Objektes in der aktuellen Abbildung zur Deckung gebracht wird, und wobei von der Kartenabbildung (B) und/oder von der aktuellen Abbildung (A) nur ein Ausschnitt (7) verwendet wird.
15

ZUSAMMENFASSUNG

Vorrichtung und Verfahren zur Kombination zweier Abbildungen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Kombination zweier Abbildungen, insbesondere zur Überlagerung von statischen Gefäßkarten (B), die zu verschiedenen Phasen des Herzzyklus und/oder des Atmungszyklus aufgenommen und in einem Speicher (6) hinterlegt wurden, mit einer aktuellen Abbildung (A) eines Katheters (2, 8) im Gefäßsystem (9). Bei dem Verfahren wird ein begrenzter Ausschnitt (7) einer Kartenabbildung (B) um die geschätzte aktuelle Position des Katheters herum ausgewählt und in einer Abbildung (C) auf einem Monitor (10) der aktuellen Abbildung (A) überlagert dargestellt. Die hierfür verwendete Kartenabbildung (B) wird vorzugsweise mit Hilfe eines Elektrokardiogramms passend zum jeweiligen Herzzyklus ausgewählt. Die Position des Katheters relativ zur Kartenabbildung (B) kann unter Verwendung einer Distanzabbildung (D) geschätzt werden.

15 Fig. 1

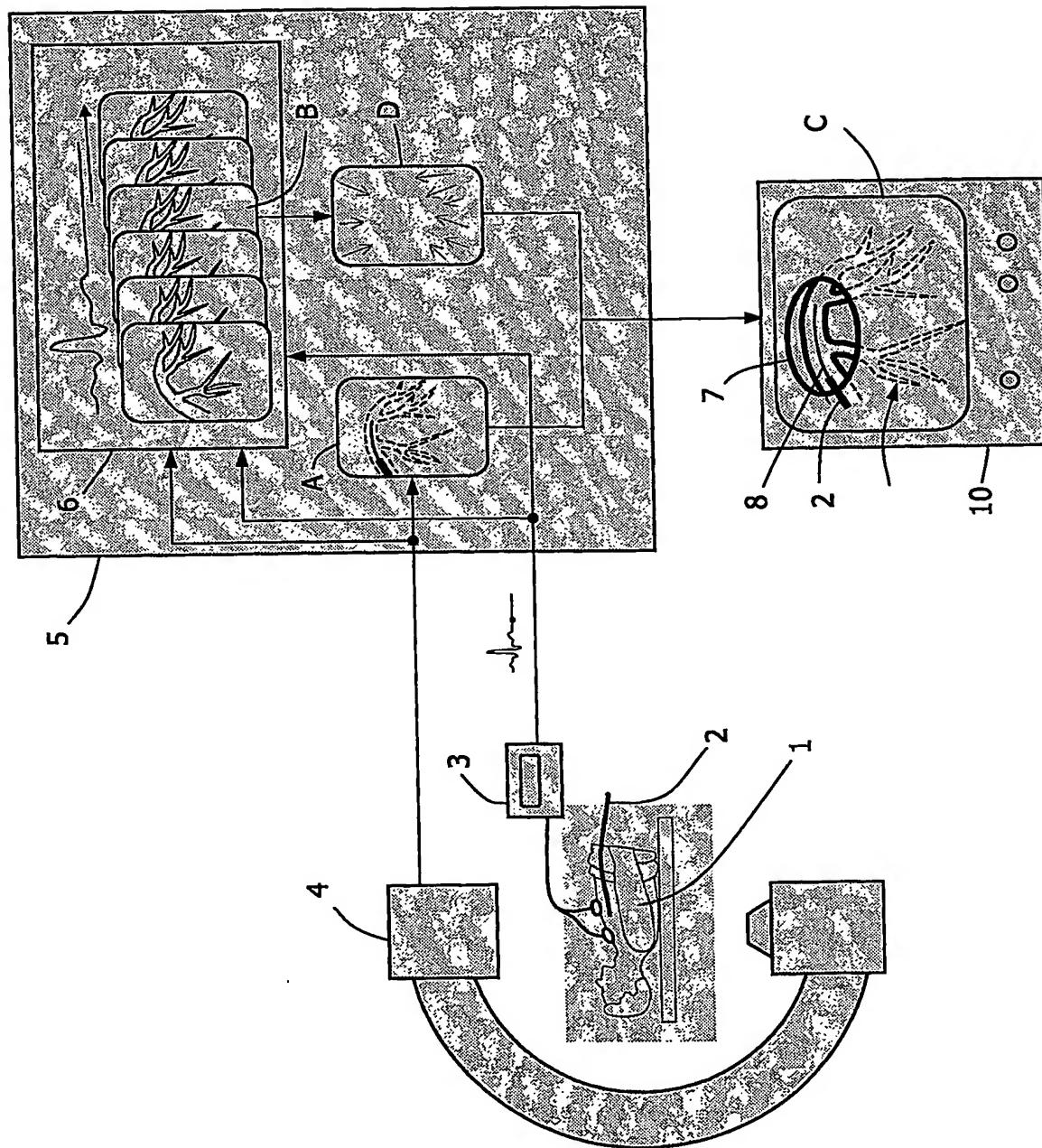


Fig. 1